

**DIN EN 62093
(VDE 0126-20)****DIN**

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 27.160

Einsprüche bis 2018-03-12

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62093
(VDE 0126-20):2005-12

Entwurf**Leistungsumrichter für photovoltaische Systeme –
Prüfung der Bauartegnung
(IEC 82/1328/CD:2017)**

Power conversion equipment for photovoltaic systems –
Design qualification testing
(IEC 82/1328/CD:2017)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-01-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 78 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	6
1 Anwendungsbereich und Zweck	7
1.1 Einrichtungen im Anwendungsbereich	7
1.2 Einrichtungen, für die andere Anforderungen gelten können.....	7
1.3 Zweck	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Stichprobenentnahme	11
5 Prüfanforderungen.....	11
5.1 Umgebungskategorien	11
5.1.1 Im Freien	11
5.1.2 Nicht klimatisiert in Innenräumen	11
5.1.3 Klimatisiert in Innenräumen	11
5.2 Prüffolge	12
5.3 Allgemeine Prüfanforderungen.....	16
5.3.1 Installation der Prüflinge	16
5.3.2 Peripheriegeräte	16
5.3.3 Verbindungen und Beschaltung	16
5.3.4 Mess- und Überwachungseinrichtungen	16
5.3.5 Stromversorgungseinrichtungen	17
5.3.6 Elektrische Lasten	17
5.3.7 Erdungsklemmen.....	18
5.3.8 Bedienelemente.....	18
5.4 Annahmekriterien	18
5.4.1 Allgemeines	18
6 Prüfverfahren	18
6.1 Sichtprüfung	18
6.1.1 Allgemeines	18
6.1.2 Prüfeinrichtung	18
6.1.3 Durchführung.....	18
6.1.4 Anforderungen.....	19
6.2 Funktionsprüfung.....	19
6.2.1 Allgemeines	19
6.2.2 Prüfeinrichtung	19
6.2.3 Durchführung.....	20

6.2.4	Anforderungen	20
6.2.5	Einschränkungen und Ausnahmen	20
6.3	Isolationsprüfung	20
6.3.1	Allgemeines	20
6.3.2	Prüfeinrichtung	21
6.3.3	Prüfbedingungen	21
6.3.4	Durchführung	22
6.3.5	Dauer der Wechselfspannungs- oder Gleichspannungsprüfung	22
6.3.6	Anforderungen	23
6.4	Temperaturwechselprüfung	23
6.4.1	Allgemeines	23
6.4.2	Prüfeinrichtung	23
6.4.3	Durchführung	24
6.4.4	Einschränkungen und Ausnahmen	25
6.4.5	Schlussmessungen	25
6.4.6	Anforderungen	25
6.5	Prüfung mit trockener Wärme	26
6.5.1	Allgemeines	26
6.5.2	Prüfeinrichtung	26
6.5.3	Durchführung	26
6.5.4	Einschränkungen und Ausnahmen	28
6.5.5	Schlussmessungen	28
6.5.6	Anforderungen	28
6.6	Prüfung mit feuchter Wärme	29
6.6.1	Allgemeines	29
6.6.2	Prüfeinrichtung	29
6.6.3	Durchführung	29
6.6.4	Einschränkungen und Ausnahmen	30
6.6.5	Schlussmessungen	30
6.6.6	Anforderungen	30
6.7	Feuchte-Frost-Prüfung	30
6.7.1	Allgemeines	30
6.7.2	Prüfeinrichtung	31
6.7.3	Durchführung	31
6.7.4	Einschränkungen und Ausnahmen	32
6.7.5	Schlussmessungen	33
6.7.6	Anforderungen	33
6.8	Regen-Eindringprüfung	33
6.8.1	Allgemeines	33

	Seite
6.8.2 Prüfeinrichtung	33
6.8.3 Durchführung.....	33
6.8.4 Einschränkungen und Ausnahmen	34
6.8.5 Schlussmessungen	34
6.8.6 Anforderungen.....	34
6.9 Regenprüfung mit Windböen.....	34
6.9.1 Allgemeines	34
6.9.2 Prüfeinrichtung	34
6.9.3 Durchführung.....	35
6.9.4 Einschränkungen und Ausnahmen	35
6.9.5 Schlussmessungen	35
6.9.6 Anforderungen.....	36
7 Wahlfreie Prüfungen.....	36
7.1 Schwingungsprüfung beim Versand.....	36
7.1.1 Allgemeines	36
7.1.2 Anforderungen.....	36
7.1.3 Prüfeinrichtung	36
7.1.4 Durchführung.....	36
7.1.5 Einschränkungen und Ausnahmen	37
7.2 Schockprüfung.....	37
7.2.1 Allgemeines	37
7.2.2 Anforderungen.....	37
7.2.3 Prüfeinrichtung	37
7.2.4 Durchführung.....	37
7.2.5 Einschränkungen und Ausnahmen	37
7.2.6 Schlussmessungen	37
7.2.7 Anforderungen.....	38
7.3 Salznebelprüfung.....	38
7.3.1 Allgemeines	38
7.3.2 Prüfeinrichtung	38
7.3.3 Durchführung.....	38
7.3.4 Einschränkungen und Ausnahmen	38
7.3.5 Schlussmessungen	38
7.3.6 Anforderungen.....	39
7.4 Prüfung mit Staub und Sand	39
7.4.1 Allgemeines	39
7.4.2 Prüfeinrichtung	39
7.4.3 Durchführung.....	39
7.5 Korrosionsprüfung mit strömendem Mischgas	39

7.5.1	Anforderungen	39
7.6	Ammoniak-Korrosionsprüfung.....	40
7.6.1	Anforderungen	40
8	Prüfbericht	40

Bilder

Bild 1 – Prüffolge für Leistungsumrichter der Kategorien 1 bis 3	13
Bild 2 – Alternative Prüffolge für die Prüfung der Bauarteignung für Leistungsumrichter der Kategorie 3 mit einer verringerten Anzahl von Prüflingen.....	14
Bild 3 – Temperaturwechselprüfung: Temperatur- und Ausgangsspannungsprofil	24
Bild 4 – Prüfung mit trockener Wärme – Temperatur- und Eingangsspannungsprofil.....	27
Bild 5 – Temperatur/Luftfeuchteprofil und angelegter Strom für die Feuchte-Frost-Prüfung	31

Tabellen

Tabelle 1 – Prüflinge.....	11
Tabelle 2 – Überblick über die Umgebungskategorien	12
Tabelle 3 – Zusammenfassung der Prüfschärfen (Hauptprüffolge)	15
Tabelle 4 – Zusammenfassung der Prüfschärfen (wahlfreie Prüfungen).....	16
Tabelle 5 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für direkt mit dem Netz verbundene Stromkreise	21
Tabelle 6 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für nicht direkt mit dem Netz verbundene Stromkreise	22
Tabelle 7 – Obere und untere Grenztemperaturen für die Temperaturwechselprüfung	25
Tabelle 8 – Grenztemperaturen für die Prüfung mit trockener Wärme	28
Tabelle 9 – Grenztemperaturen und -luftfeuchte für die Prüfung mit feuchter Wärme	30
Tabelle 10 – Grenztemperaturen und -luftfeuchte für die Feuchte-Frost-Prüfung	32

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 82/1328/CD:2017 „Power conversion equipment for photovoltaic systems – Design qualification testing“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 373 „Photovoltaische Solarenergie-Systeme“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 62093 (VDE 0126-20):2005-12** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anwendungsbereich und Inhalt wurden geändert um die spezifischen Belange für Leistungsumrichter zu adressieren. Die überarbeiteten und ergänzten Prüfanforderungen spiegeln Dekaden der gemeinsamen Erfahrungen von Herstellern, Kunden und Prüfinstituten wieder.

Leistungsumrichter für photovoltaische Systeme – Prüfung der Bauartegnung

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Internationale Norm legt die Anforderungen der IEC für die Bauartegnung von Leistungsumrichtern für den Langzeitbetrieb in terrestrischen photovoltaischen (PV-)Systemen fest.

1.1 Einrichtungen im Anwendungsbereich

Zum Anwendungsbereich des vorliegenden Dokumentes gehören elektronische Leistungsumrichter für terrestrische PV-Anwendungen. Die Benennung „Leistungsumrichter“ bezeichnet Einrichtungen und Bauteile für das elektronische Umrichten elektrischer Leistung in eine andere Art elektrischer Leistung hinsichtlich von Spannung, Strom und Frequenz. Diese Norm ist geeignet für die Anwendung von Leistungsumrichtern in Innenräumen und im Freien in Freiluftklimaten nach IEC 60721-2-1 und IEC 60721-3-3. Diese Einrichtungen dürfen unter anderem netzgekoppelte und netzunabhängige Wechselrichter, Gleichspannungswandler und Batterieladewandler sein.

Diese Norm gilt für Leistungsumrichter, die mit PV-Generatoren verbunden sind, deren höchste Spannung im Stromkreis 1 500 V Gleichspannung nicht übersteigt. Die Einrichtungen dürfen auch mit Systemen mit einer höchsten Spannung von 1 000 V Wechselspannung am Netzstromkreis und mit nicht mit dem Netz verbundenen Wechselstromlasten sowie mit anderen Gleichstromquellen oder Laststromkreisen wie Batterien verbunden werden. Diese Norm darf für Zubehör von Leistungsumrichtern angewendet werden, wenn keine besser geeigneten Normen vorliegen. (Siehe IEC 62109-1:2010).

1.2 Einrichtungen, für die andere Anforderungen gelten können

Die vorliegende Norm wurde nicht für die Beschreibung von Kennwerten anderer Stromversorgungsquellen als photovoltaische Systeme wie Windenergieanlagen, Brennstoffzellen, drehende elektrische Maschinen usw. verfasst.

Sie ist auch nicht vorgesehen für die Beschreibung der Kennwerte von Einrichtungen zum elektronischen Leistungsumrichten, die vollständig in PV-Module integriert sind. Für diese Arten von Geräten liegen eigene Normen vor oder sind in Vorbereitung. Sie ist jedoch für Geräte anwendbar, für die der Hersteller ausdrücklich festgelegt hat, dass sie vom PV-Modul abgenommen und anschließend wieder angebracht werden können. Geräte, die diese Anforderungen erfüllen, dürfen als einzelne Prüflinge getrennt vom PV-Modul geprüft werden.

Diese Norm gilt nicht für Leistungsumrichter mit einem integrierten (= eingebauten) elektrochemischen Energiespeicher (Sekundärbatterien wie Blei- oder Lithiumionenbatterien). Sie ist jedoch für Einrichtungen anwendbar, für die der Hersteller eine vollständige Entfernung des elektrochemischen Energiespeichers vom Leistungsumrichter festlegt und zulässt, sodass eine eigene Bewertung mit der entfernten Speichereinrichtung möglich wird.

1.3 Zweck

Der Zweck der hier angegebenen Prüffolgen ist die Bestimmung einer Grundstufe der Haltbarkeit und der möglichst kostengünstige und zeitsparende Nachweis dafür, dass der Leistungsumrichter diese Leistungsmerkmale beibehält, nachdem er lang anhaltend den im Anwendungsbereich beschriebenen simulierten Beanspruchungen durch die Umgebung, die auf den vorgesehenen Einsatzbedingungen nach den Festlegungen des Herstellers beruhen, ausgesetzt ist. Die tatsächliche Lebenserwartung der so geprüften Bauteile hängt von deren Bauart, der Umgebung und den Systembedingungen ab, unter denen sie eingesetzt werden. Eine tatsächliche Berechnung oder die Ermittlung von Schätzwerten für die Lebensdauer erfolgt in dieser Norm nicht.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 62109-1:2010, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements*

IEC 62109-2:2011, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 2: Particular requirements for inverters*

IEC 62477-1:2012, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General*

IEC 60146-1-1:2009, *Semiconductor converters -General requirements and line commutated converters – Part 1-1: Specification of basic requirements*

IEC 60068-2-1:2007, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-1^{N1)}:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry Heat*

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-52:1996, *Environmental testing – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium, chloride solution)*

IEC 60068-2-68:1994, *Environmental testing – Part 2-68: Tests – Test L: Dust and sand*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60664-3:2003, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60664-4:2005, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress*

IEC 60721-2-1, *Classification of environmental conditions – Part 2: Classification of environmental conditions – Section 1: Environmental conditions appearing in nature – Temperature and humidity*

IEC 60721-3-3, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at nonweatherprotected locations*

^{N1)} Nationale Fußnote: Im CD ist fälschlicherweise **IEC 60068-2-1** angegeben. Es muss richtig heißen IEC 60068-2-2.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Leistungsumrichter

elektrische Geräte, die eine elektrische Energieart in Bezug auf Spannung, Strom, Frequenz, Phase und Anzahl der Phasen in eine andere elektrische Energieart umwandeln. Der Begriff umfasst alle für den Betrieb erforderlichen aktiven und passiven Schaltungsbauteile und alle mechanischen Bauteile. Leistungsumrichter werden in Abhängigkeit von ihrer Größe und ihrem Installationszweck in drei verschiedene Kategorien unterteilt. Innerhalb jeder Kategorie erfolgt nach den vom Hersteller als Mindestanforderung festgelegten Umgebungsbedingungen eine weitere Unterteilung. Diese Klassifizierung zieht unterschiedliche Prüffolgen und Prüfschärfen nach sich, die die verschiedenen Anforderungen an die mechanischen und elektrischen Bauteile in den unterschiedlichen Umgebungen widerspiegeln

3.1.1

Kategorie 1: Leistungselektronik der Modulebene

bezeichnet Leistungsumrichter, die vom Hersteller für den Betrieb auf der Ebene der PV-Module festgelegt sind und bis zu vier einzelne PV-Module miteinander verbinden

3.1.2

Kategorie 2: Leistungselektronik der Strangebene

Kategorie zur Bezeichnung von Leistungsumrichtern zur Verbindung mehrerer in Reihe und/oder parallelgeschalteter PV-Module, die vom Hersteller für die Wand-, Decken- oder Gestellmontage festgelegt sind

3.1.3

Kategorie 3: Leistungselektronik für großtechnische Anlagen

Kategorie zur Bezeichnung von Leistungsumrichtern zur Verbindung mehrerer in Reihe oder parallelgeschalteter PV-Module, die aber anders als Leistungsumrichter der Kategorie 2 aufgrund ihrer großen Anzahl von Bauteilen und ihrer erheblichen Größe und Masse in einer freistehenden elektrischen Umhüllung untergebracht sind

3.2

maßgebliche Spannungsklasse (en: decisive voltage class, DVC)

Einstufung eines Spannungsbereichs, die zur Bestimmung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag und die Anforderungen an die Isolierung zwischen Stromkreisen angewendet wird

[QUELLE: IEC 62109-1:2010]

3.3

Derating-Temperatur

bezeichnet die Umgebungs- oder Arbeitstemperaturgrenze, bei der der Leistungsumrichter aktiv beginnt, seine Eingangs- und Ausgangsleistung zu mindern, um eine bestimmte höchste Betriebstemperatur aufrechtzuerhalten

3.4

Umhüllung

Teil der Einrichtung, das Innenteile umgibt und dem Schutz gegen äußere Einflüsse, gegen die Ausbreitung eines Brandes oder gegen das Eindringen von Gefährdungen dient. Umhüllungen dürfen freistehend sein oder an der Wand, der Decke oder am Gestell montiert werden

3.5

netzinteraktiver Wechselrichter

Wechselrichter oder Wechselrichterfunktion, der oder die dafür vorgesehen ist, elektrische Energie in das Netz einzuspeisen; auch bezeichnet als: „netzgekoppelter“ oder „netzverbundener“ Wechselrichter

3.6

Wechselrichter

elektronischer Leistungsumrichter, der Gleichstrom in einphasigen oder mehrphasigen Wechselstrom umformt

3.7

Trenntransformator

einphasiger oder mehrphasiger Transformator, der eine galvanische Trennung zwischen Primär- und Sekundärwicklung bereitstellt

3.8

Verschmutzungsgrad

(en: pollution degree, PD)

Klassifizierungsschema, mit dem das Ausmaß der zu erwartenden Verschmutzung in einer Mikro-Umgebung in der Einrichtung oder um die Einrichtung herum angegeben wird

[QUELLE: IEC 62109-1:2010]

3.9

Verschmutzungsgrad 1 (PD1)

es tritt keine oder nur trockene, nicht leitfähige Verschmutzung auf; die Verschmutzung hat keinen Einfluss

3.10

Verschmutzungsgrad 2 (PD2)

es tritt gewöhnlich nur nicht leitfähige Verschmutzung auf; gelegentlich muss jedoch mit vorübergehender Leitfähigkeit durch Betauung gerechnet werden

3.11

Verschmutzungsgrad 3 (PD3)

es tritt leitfähige Verschmutzung auf oder trockene, nicht leitfähige Verschmutzung, die leitfähig wird, da Betauung zu erwarten ist

3.12

Port

Ort für den Zugang zu einem Bauteil oder Netzwerk, an dem elektromagnetische Energie oder Signale abgegeben oder aufgenommen oder die veränderlichen Größen der Einrichtung/des Netzwerkes beobachtet oder gemessen werden können

3.13

photovoltaisch (PV)

bezieht sich auf die direkte Umwandlung von Licht in elektrische Energie

3.14

PV-Generator

bezeichnet eine Gleichstromquelle mit den elektrischen Ausgangskennwerten eines PV-Moduls, eines PV-Stranges oder einer PV-Anlage

3.15

Leiterplatte

elektronische Schaltung, die aus dünnen Leiterbahnen wie Kupfer besteht, welche aus einer Schicht herausgeätzt wurden, die auf einer als Leiterplatte bezeichneten ebenen Isoliertafel aufgebracht ist, auf der integrierte Schaltkreise und andere Bauelemente befestigt werden

3.16

Bemessungsdaten

Gesamtheit der Bemessungswerte und Betriebsbedingungen

3.17

Bemessungswert

Wert einer Größe, der im Allgemeinen vom Hersteller für eine festgelegte Betriebsbedingung einem Bauelement, Gerät oder einer Ausrüstung zugeordnet wird

3.18

Anschlussklemme

Bauteil für die Verbindung eines Gerätes (einer Einrichtung) mit äußeren Leitern

4 Stichprobenentnahme

Für die Prüfung der Bauarteignung muss eine Anzahl von Prüflingen nach Tabelle 1 wahllos einem oder mehreren Produktionslosen entnommen werden. Die Bauteile müssen aus den festgelegten Werkstoffen und Bauteilen nach den entsprechenden Zeichnungen und Verfahrensunterlagen hergestellt und den üblichen Prüfungen, Qualitätskontrollen und Annahmeverfahren des Herstellers unterzogen worden sein. Die Bauteile müssen in jeder Einzelheit vollständig sein und ihnen müssen die Bedien-, Einbau- und Anschlussanweisungen des Herstellers einschließlich der höchstzulässigen Systemspannung beigelegt sein. Wenn die zu prüfenden Leistungsumrichter Prototypen einer neuen Bauart sind und nicht aus der Fertigung stammen, muss das im Prüfbericht angegeben werden (siehe [Abschnitt 8](#)).

Tabelle 1 – Prüflinge

	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Anzahl der erforderlichen Prüflinge	8	4 / 2 ^(a)	2 / 1 ^(b)
(a) Für große Leistungsumrichter der Kategorie 2 mit einer Bemessungsausgangsleistung von 50 kVA oder mehr darf die geforderte Anzahl der Prüflinge halbiert werden. (b) Bei sehr großen Bauarten von Leistungsumrichtern ist eine kombinierte Prüffolge mit nur einem Prüfling zulässig. Dieser Umstand muss im Prüfbericht angegeben werden. – Weitere Ersatzprüflinge sind wünschenswert.			

Für die in [Abschnitt 7](#) beschriebenen wahlfreien Prüfungen dürfen weitere Prüflinge eingereicht werden. Für die wahlfreien Prüfungen dürfen Prüflinge, die die regulären Prüfungen bestanden haben, benutzt werden.

5 Prüfanforderungen

5.1 Umgebungskategorien

Die Prüfschärfen beruhen auf den Umgebungsbedingungen, unter denen die Leistungsumrichter eingesetzt werden und die vom Hersteller festzulegen sind. Im vorliegenden Dokument wird die Terminologie aus [IEC 62109-1:2010](#) und [IEC 62477-1:2012](#) übernommen, die sich auf die Klassifizierung der Umgebungsbedingungen in IEC 60721-3-3 und IEC 60721-3-4 stützt. Die folgenden Umgebungskategorien definieren die Prüfbedingungen für jede der drei Produktkategorien.

5.1.1 Im Freien

Diese Kategorie bezeichnet Leistungsumrichter für den Langzeitbetrieb ohne Wetterschutz im Freien oder in allgemeinen Freiluftklimaten nach den Festlegungen in [IEC 60721-2-1](#). Im Normalbetrieb ist der Leistungsumrichter vollständig oder teilweise Regen, Sonne, Wind, Staub, Pilzen, Eis, Strahlung des kalten Nachthimmels usw. unmittelbar ausgesetzt. Für Leistungsumrichter, die in diese Kategorie fallen, wird eine starke Beanspruchung durch die Umgebung angenommen.

5.1.2 Nicht klimatisiert in Innenräumen

Diese Kategorie umfasst die gleichen Klimate wie in 5.1.1, aber der Leistungsumrichter ist vollständig durch ein Gebäude oder Gehäuse eingeschlossen und vor Regen, Sonne, Staubwehen, Eis, Pilzen, Strahlung des kalten Nachthimmels usw. geschützt. Das Gebäude bzw. Gehäuse wird hinsichtlich von Temperatur, Luftfeuchte oder Luftfilterung jedoch nicht kontrolliert und in der Einrichtung darf Betauung auftreten. Für Leistungsumrichter, die in diese Kategorie fallen, wird eine mäßige Beanspruchung durch die Umgebung erwartet.

5.1.3 Klimatisiert in Innenräumen

Der Leistungsumrichter ist vollständig durch ein Gebäude oder Gehäuse eingeschlossen und vor Regen, Sonne, Staubwehen, Pilzen, Strahlung des kalten Nachthimmels usw. geschützt. Außerdem werden die Umgebungsbedingungen in dem Gebäude bzw. Gehäuse, das den Leistungsumrichter umschließt, hinsichtlich

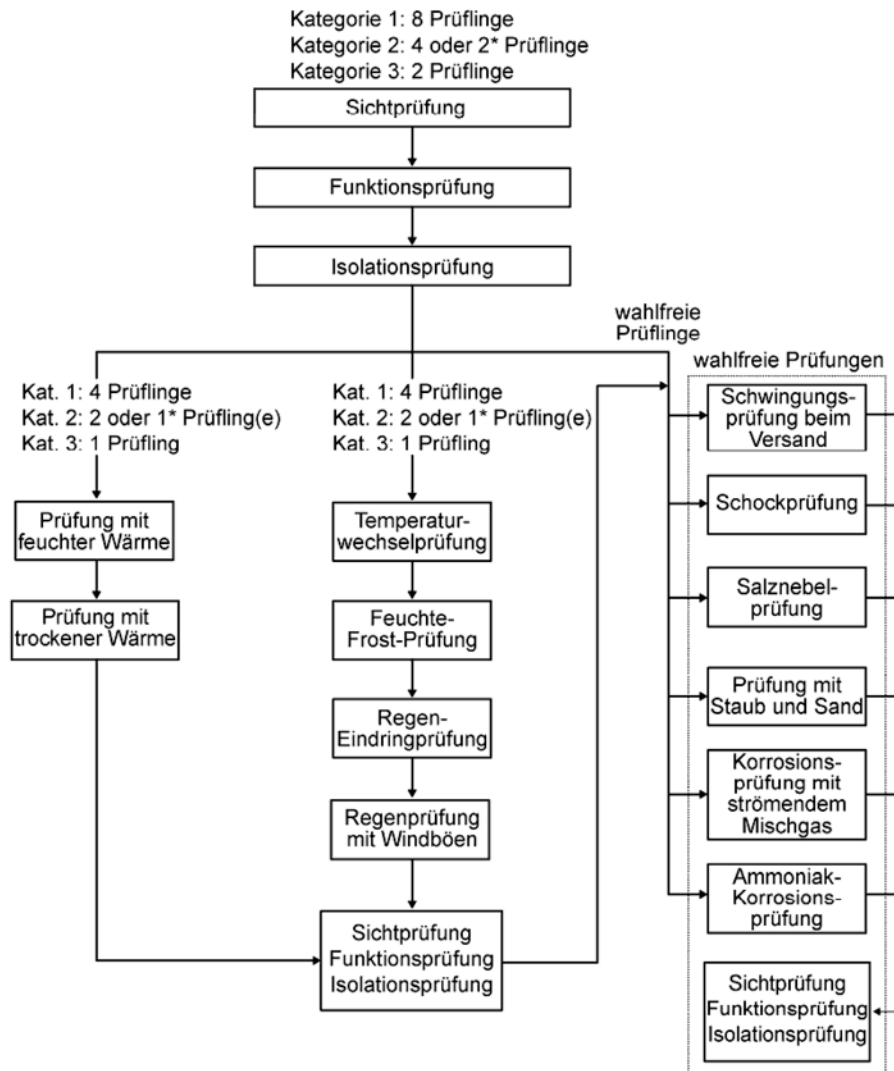
von Temperatur, Luftfeuchte oder Luftfilterung kontrolliert. Es wird keine Betauung erwartet. Für Leistungsumrichter, die in diese Kategorie fallen, wird eine geringe Beanspruchung durch die Umgebung erwartet.

Tabelle 2 – Überblick über die Umgebungskategorien

Bemessungsdaten	Mindestens geforderte Umgebungsbedingungen		
	Im Freien IEC 60721-3-4	Nicht klimatisiert in Innenräumen IEC 60721-3-3	Klimatisiert in Innenräumen IEC 60721-3-3
Klima	Klasse 4K6	Klasse 3K3	Klasse 3K2
Temperatur	–20 °C bis +55 °C	–20 °C bis +50 °C	+0 °C bis +40 °C
Luftfeuchte	4 % bis 100 % relative Luftfeuchte (kondensierend)	5 % bis 95 % relative Luftfeuchte (nicht kondensierend)	5 % bis 85 % relative Luftfeuchte (nicht kondensierend)
Verschmutzungsgrad ¹	Min. PD3	Min. PD3	Min. PD2
Feuchter Standort	Ja	Nein	Nein
Schutz gegen Eindringen ¹	Min. IP34	Min. IP20	Min. IP20
ANMERKUNGEN: ¹ Das ist der Verschmutzungsgrad der äußeren Umgebung. Siehe IEC 60664. ² Nach IEC 60529.			

5.2 Prüffolge

In [Bild 1](#) ist die gesamte Prüffolge mit der Anzahl der Prüflinge und deren Verteilung über die Zweige der Prüfung angegeben. [Abschnitt 6](#) enthält eine Beschreibung der geforderten Prüfungen und Prüffolgen. [Tabelle 3](#) fasst die verschiedenen Prüfungen zusammen. Prüfverfahren und -schärfen sowie Anfangs- und Schlussmessungen, sofern erforderlich, sind im Einzelnen in [Abschnitt 6](#) beschrieben. Jeder Leistungsumrichterprüfling muss zuerst einer Menge von Anfangs-Nachweisprüfungen unterzogen werden, die eine Sichtprüfung, eine Funktionsprüfung und eine Isolationsprüfung umfassen. Eine alternative Prüffolge für Leistungsumrichter der Kategorie 3 mit einer verringerten Anzahl von Prüflingen kombiniert Prüfungen aus beiden Prüfzweigen und ist in [Bild 2](#) dargestellt.



* verringerte Anforderung an die Anzahl der Prüflinge für Leistungsumrichter für großtechnische Anlagen der Kategorie 2 (> 50 kVA)

Bild 1 – Prüffolge für Leistungsumrichter der Kategorien 1 bis 3

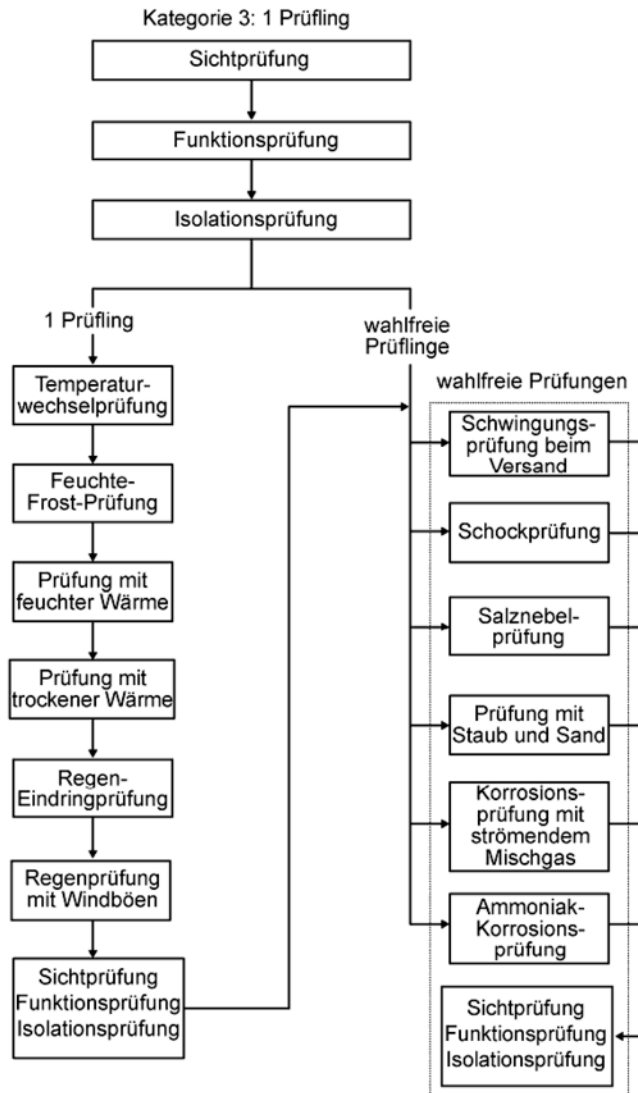


Bild 2 – Alternative Prüffolge für die Prüfung der Bauarteignung für Leistungsumrichter der Kategorie 3 mit einer verringerten Anzahl von Prüflingen

Tabelle 3 – Zusammenfassung der Prüfschärfen (Hauptprüffolge)

Abschnitt	Prüfung	Prüfbedingungen		
		Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
6.1	Sichtprüfung	Siehe genaue Prüfliste in 6.1.1		
6.2	Funktionsprüfung	Betrieb beim höchsten Strom und bei der höchsten Spannung für 10 min		
6.3	Isolationsprüfung	Nach IEC 62109-1:2010, 7.5.2		
6.4	Temperaturwechselprüfung			
	(Klimatisiert/nicht klimatisiert) in Innenräumen	400 Wechsel von –40 °C bis +85 °C	400 Wechsel von –25 °C bis +75 °C	400 Wechsel von –25 °C bis +75 °C
	Im Freien		400 Wechsel von –40 °C bis +85 °C	400 Wechsel von –40 °C bis +85 °C
6.5	Prüfung mit trockener Wärme			
	(Klimatisiert/nicht klimatisiert) in Innenräumen	1 000 h bei +85 °C	1 000 h bei +60 °C	1 000 h bei +50 °C
	Im Freien		1 000 h bei +70 °C	1 000 h bei +50 °C
6.6	Prüfung mit feuchter Wärme			
	Klimatisiert in Innenräumen	1 000 h bei +85 °C, 85 % relative Luftfeuchte	500 h bei +40 °C, 95 % relative Luftfeuchte	250 h bei +40 °C, 95 % relative Luftfeuchte
	Nicht klimatisiert in Innenräumen		500 h bei +65 °C, 85 % relative Luftfeuchte	250 h bei +65 °C, 85 % relative Luftfeuchte
	Im Freien		1 000 h bei +65 °C, 85 % relative Luftfeuchte	500 h bei +65 °C, 85 % relative Luftfeuchte
6.8	Feuchte-Frost-Prüfung			
	Klimatisiert in Innenräumen	10 Wechsel von –40 °C bis +85 °C, 85 % relative Luftfeuchte	Nicht gefordert	Nicht gefordert
	Nicht klimatisiert in Innenräumen		10 Wechsel von –25 °C bis +65 °C, 85 % relative Luftfeuchte	10 Wechsel von –25 °C bis +65 °C, 85 % relative Luftfeuchte
	Im Freien		10 Wechsel von –40 °C bis +65 °C, 85 % relative Luftfeuchte	10 Wechsel von –40 °C bis +65 °C, 85 % relative Luftfeuchte
6.10	Regen-Eindringprüfung			
	Klimatisiert in Innenräumen	Nicht gefordert		
	Nicht klimatisiert in Innenräumen	Nicht gefordert		
	Im Freien ¹	– 1 h mit Spritzwasser im rechten Winkel – 15 min mit Spritzwasser in einem Winkel von 45 Grad von jeder Seite		
6.11	Regenprüfung mit Windböen			
	Klimatisiert in Innenräumen	Nicht gefordert		
	Nicht klimatisiert in Innenräumen	Nicht gefordert		
	Im Freien ¹	30 min Einwirkung von Regen je Seite mit einer Regenfallrate von 15 cm/h und einer Windgeschwindigkeit von 31 m/s		

ANMERKUNG Leistungsumrichter; die für verschiedene Einsatzbedingungen (mehrere Umgebungskategorien) vorgesehen sind, müssen nur die Prüffolge für die strengste Prüfschärfe bestehen (nicht klimatisiert in Innenräumen oder im Freien).

¹ Nicht erforderlich für Leistungsumrichter mit einer nachgewiesenen Bemessung von IP65 (oder höher).

Tabelle 4 – Zusammenfassung der Prüfschärfen (wahlfreie Prüfungen)

Abschnitt	Prüfung	Prüfbedingungen		
		Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
7.1	Schwingungsprüfung beim Versand	10 Hz bis 11,8 Hz; 11,9 Hz bis 150 Hz Amplitude: 3,5 mm, Beschleunigung: 2 g 1 Oktave/min, Dauer für jede Achse: 2 h; insgesamt: 6 h		
7.2	Schockprüfung	15 g, Halbsinus, Dauer: 11 ms Folge: 1 s Anzahl der Schocks: 18 (6 × 3)		
7.3	Salznebelprüfung	Nach IEC 60068-2-52:1996, Prüfschärfe 1 und 3 bis 6 (beide)		
7.4	Prüfung mit Staub und Sand	Nach IEC 60068-2-68:1994, 4.2.3		
7.5	Korrosionsprüfung mit strömendem Mischgas	Nach IEC 60068-2-60		
7.6	Ammoniak-Korrosionsprüfung	Wie in IEC 62716:2013 für PV-Module		

5.3 Allgemeine Prüfanforderungen

5.3.1 Installation der Prüflinge

Im Allgemeinen muss die Einrichtung nach den Vorgaben des Herstellers im Installationshandbuch der Einrichtung installiert werden. Abweichungen vom vorgegebenen Installationsverfahren sind zulässig, wenn ein Einfluss auf das Prüfergebnis ausgeschlossen werden kann. Wenn mehrere Anordnungen zulässig sind, muss die Einrichtung unter der ungünstigsten Kombination der Prüfbedingungen für die jeweilige Prüfung installiert werden. Das ausgewählte Installationsverfahren muss für jede Prüfung im Prüfbericht dokumentiert werden.

Der Prüfling muss als Ganzes mit allen Bauteilen, die unter Berücksichtigung der tatsächlichen Bedingungen für den Betrieb erforderlich sind, installiert werden.

Bei Leistungsumrichtern der Kategorie 3 dürfen Bauteile, die nicht in die Einrichtung eingebaut sind, aber für den Betrieb dennoch erforderlich sind (wie Transformatoren), getrennt von der Einrichtung installiert werden und brauchen den Beanspruchungsprüfungen der Umgebung nicht unterzogen werden.

5.3.2 Peripheriegeräte

Alle externen Peripheriegeräte, die vom Hersteller für den tatsächlichen Betriebseinsatz gefordert oder empfohlen werden (wie Transformatoren, Überwachungssysteme usw.), dürfen in den Laborprüfaufbau außerhalb der Klimakammer einbezogen werden.

5.3.3 Verbindungen und Beschaltung

Für die Verbindung der Eingangs- und Ausgangsklemmen mit der äußeren Prüfeinrichtung sind nur Leitungen mit dem vom Hersteller mindestens empfohlenen Leiterquerschnitt zu verwenden. Wenn der Leistungsumrichter Anschlussklemmen für besondere Steckverbinder besitzt, sind die vom Hersteller empfohlenen Gegensteckverbinder zu verwenden.

5.3.4 Mess- und Überwachungseinrichtungen

Mess- und Überwachungseinrichtungen und -verfahren müssen nach den zutreffenden Teilen von IEC 61557 ausgewählt werden. Werden andere Messeinrichtungen verwendet, müssen diese eine vergleichbare Leistungsfähigkeit und Sicherheit aufweisen.

5.3.5 Stromversorgungseinrichtungen

Für Prüfungen, die erfordern, dass der Leistungsumrichterprüfling unter Spannung steht, muss eine geeignete Gleichstromquelle bereitgestellt werden. Die folgenden beiden Möglichkeiten sind zulässig: ein PV-Anlagen-Simulator oder eine regelbare Gleichstromquelle. Wenn die geforderten Impedanzkennwerte des Leistungsumrichters mit einer Gleichstromversorgung keinen stabilen Betrieb zulassen, muss ein geeigneter PV-Anlagen-Simulator nach 5.3.5.1 angewendet werden.

5.3.5.1 PV-Anlagen-Simulator

Ein PV-Anlagen-Simulator ist ein besonderer Typ einer Wechselstrom/Gleichstrom-Versorgungseinrichtung mit einstellbarer Ausgangskennlinie, mit der die I-U-Ausgangskennlinie eines tatsächlichen PV-Generators simuliert werden kann.

5.3.5.2 Gleichstromversorgungseinrichtung

Eine Gleichstromversorgungseinrichtung ist eine Wechselstrom/Gleichstrom-Versorgungseinrichtung mit Konstantspannungs-Regelungssystem und Strombegrenzungskennlinie. Alternativ darf es sich um eine Wechselstrom/Gleichstrom-Versorgungseinrichtung mit Konstantstrom-Regelungssystem und Spannungsbegrenzung handeln. Es ist sowohl die Konstantspannungs- als auch die Konstantstrom-Versorgungseinrichtung zulässig, wenn die Eingangskennwerte des Leistungsumrichters die Nutzung erlauben und eine Beeinflussung der Prüfergebnisse als vernachlässigbar angesehen werden kann. Der Ausgangswiderstand der Gleichstromversorgungseinrichtung im Konstantspannungsbetrieb muss so gering sein, dass die Spannungswelligkeit an den Ausgangsklemmen innerhalb von $\pm 0,1\%$ liegt. Bei Konstantstrom-Versorgungseinrichtungen muss der Ausgangswiderstand so hoch sein, dass die Stromwelligkeit an den Ausgangsklemmen innerhalb von $\pm 0,2\%$ liegt.

5.3.6 Elektrische Lasten

Bei Prüfungen, die erfordern, dass der Leistungsumrichterprüfling unter Spannung steht, muss eine geeignete elektrische Last die gesamte vom Leistungsumrichter erzeugte elektrische Leistung aufnehmen können. Wenn jegliche Beeinflussung der Prüfergebnisse ausgeschlossen werden kann, sind die nachfolgend aufgeführten drei Möglichkeiten zulässig.

5.3.6.1 Netzgekoppelter Betrieb

Leistungsumrichter für den netzgekoppelten Betrieb dürfen mit einem entsprechend bemessenen Zugangspunkt zum öffentlichen Versorgungsnetz verbunden und an diesem betrieben werden. In diesem Fall darf zwischen die Ausgangsklemmen des Leistungsumrichters und den Netzzugangspunkt zur Trennung und gegebenenfalls für die Spannungsanpassung ein entsprechend bemessener Transformator geschaltet werden. Die Lastimpedanz aus Sicht der Ausgangsklemmen des Leistungsumrichters muss ausreichend gering sein, sodass sie den Betrieb des Leistungsumrichters bei Bemessungsbedingungen nachweislich nicht behindert.

5.3.6.2 Aktive Last

Aktive Lasten sind elektronische Lasten und Rückstromversorgungen, die eine stabile und geregelte Senke für die vom Leistungsumrichter umgewandelte Wirkleistung darstellen. Es muss nachgewiesen werden, dass die Wirklasten für den Leistungsumrichter geeignet und mit diesem kompatibel sind.

5.3.6.3 Passive Last

Dabei handelt es sich um passive ohmsche Lasten, die zu einer geregelten Spannungsquelle parallelgeschaltet sind. Die Lastimpedanz des Leistungsumrichters muss so eingestellt werden, dass die passive Last die gesamte Wirkleistung aufnehmen kann, die beim Betrieb des Leistungsumrichters bei seiner Bemessungsleistung entsteht.

5.3.7 Erdungsklemmen

Falls ein Schutzleiteranschluss vorhanden ist, muss dieser mit Erde verbunden werden. Ein Funktions-erdungsanschluss muss mit Erde verbunden werden oder nicht, je nachdem, welcher Fall ungünstiger ist.

5.3.8 Bedienelemente

Bedienelemente, die vom Bediener einstellbar sind, müssen wie folgt eingestellt werden.

- nach dem vom Hersteller bereitgestellten Betriebshandbuch;
- nach den tatsächlichen Betriebsbedingungen.

5.4 Annahmekriterien

5.4.1 Allgemeines

Die Bauart des Leistungsumrichters hat die Eignungsprüfungen bestanden und ist damit nach dieser Norm zugelassen, wenn jeder Prüfling alle folgenden Kriterien erfüllt.

- Nach der Endprüfung jeder Prüffolge bestehen die Prüflinge der Funktionsprüfung (6.2);
- Bei keinem Prüfling ist während der Prüfungen eine irreversible Unterbrechung, ein Kurzschluss oder ein Erdschluss aufgetreten. Situationen, die zum Selbstschutz oder zum Schutz angeschlossener Geräte oder Lasten durch den Leistungsumrichter herbeigeführt werden, sind zulässig. Der Leistungsumrichter darf nicht dauerhaft zerstört sein;
- Es sind keine sichtbaren Anzeichen für einen größeren Schaden nach 6.1.4 aufgetreten;
- Die Anforderungen der Isolationsprüfung (6.3) werden erfüllt.

6 Prüfverfahren

6.1 Sichtprüfung

6.1.1 Allgemeines

Der Zweck dieser Prüfung ist die Feststellung von sichtbaren Schäden am Leistungsumrichter, die das Risiko eines Zuverlässigkeitsverlustes verursachen können.

6.1.2 Prüfeinrichtung

- Eine Lichtquelle, die eine Beleuchtung von mehr als 1 000 Lux erzeugen kann;
- Eine Lupe oder eine elektronische Vergrößerungseinrichtung mit mindestens vierfacher optischer Vergrößerung.

6.1.3 Durchführung

Die Außen- und die Innenseite jedes Prüflings sind mit einer geeigneten Lichtquelle einer sorgfältigen Sichtprüfung zu unterziehen. Die Arbeitsbeleuchtung muss mindestens 1 000 Lux betragen.

Für die Prüfung der Innenseite darf der Prüfling nach dem vom Hersteller festgelegten Verfahren und mit den festgelegten Werkzeugen geöffnet werden.

Kleinere elektronische Bauelemente müssen mit einer Lupe geprüft werden, die z. B. an einer Leiterplatte befestigt ist.

6.1.4 Anforderungen

Jedes Ergebnis in Übereinstimmung mit einem oder mehreren der nachfolgend aufgeführten Kriterien bedeutet ein Nichtbestehen der entsprechenden Prüfung. Für den Zweck der Prüfung der Bauarteignung werden folgende Schäden als größere sichtbare Schäden angesehen:

- gebrochene, gerissene, verbogene, versetzte, rissige oder abgehobene Teile des Gehäuses des Leistungsumrichters;
- gebrochene oder beschädigte Leitungen, Kabel oder Sammelschienen, die in den Leistungsumrichter integriert sind;
- gebrochene oder gerissene elektronische und/oder elektromechanische Bauteile;
- fehlerhafte Kontakte/Zuleitungen, berührbare aktive Teile;
- Eindringen von Staub, Wasser oder Pilzen in den elektrisch aktiven Innenraum des Bauteils;
- Korrosion von Innenteilen des Leistungsumrichters (z. B. Gehäuse, Kontakte/Zuleitungen, an Leiterplattenbauelementen);
- Versagen von Klebstoffen;
- Brandspuren, Risse, Verformungen oder abgelöste elektrische oder elektronische Bauelemente;
- Belüftung oder Gasen von Kondensatoren;
- Blasen auf der Leiterplatte oder Delaminierung der Leiterplatte;
- sichtbare Löt Schäden wie gerissene Lötstellen oder Korrosion des Lotes;
- Verlust von Kühlmittel (bei Bauarten von Leistungsumrichtern mit Flüssigkeitskühlung);
- Verlust der mechanischen Unversehrtheit in einem Maß, dass die Installation und/oder die Funktion des Bauteils beeinträchtigt werden würde;
- alle anderen Zustände oder Bedingungen, die die Funktion, Leistung oder Sicherheit des Leistungsumrichters beeinflussen können.

ANMERKUNG Sichtbare Fehler wie Kratzer, abgeriebene Farbe oder dergleichen werden nicht als ein Risiko des Zuverlässigkeitsverlustes angesehen und stellen keinen Fehler dar. Jedoch müssen diese Ergebnisse im Prüfbericht angegeben werden.

6.2 Funktionsprüfung

6.2.1 Allgemeines

Diese Prüfung dient dem Nachweis der einwandfreien Umrichtfunktion des Leistungsumrichters und der integrierten Peripheriegeräte wie Anzeigen, Bedienelemente der Benutzerschnittstelle und Kommunikationsschnittstellen vor und nach den Beanspruchungsprüfungen der Umgebung.

6.2.2 Prüfeinrichtung

- a) Ein PV-Modul/PV-Anlagen-Simulator oder eine andere geeignete Gleichstromquelle nach 5.3.5, die die Spannungs-Strom-Kennlinie des größten PV-Generators liefern kann, für die die Einrichtung hinsichtlich von Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom ausgelegt ist.
- b) Eine geeignete elektrische Last nach 5.3.6, die die gesamte Menge der erzeugten Leistung sowohl beim höchsten als auch beim niedrigsten Bemessungswert der Ausgangsspannung des Leistungsumrichters liefern kann.
- c) Einrichtungen zur Messung der Strom- und Spannungswellenformen an allen verbundenen Eingangs- und Ausgangsports. Bei Leistungsumrichtern mit mehrphasigem Ausgang muss die Prüf- und Messeinrichtung jeden Phasenstrom, jede Spannung zwischen Außenleiter und Neutralleiter oder jede Außenleiterspannung messen. Die Messunsicherheit darf höchstens 1 % der Bemessungseingangs-/ausgangsspannung oder höchstens 1 % des Bemessungseingangs-/ausgangsstromes des Leistungsumrichters betragen (siehe IEC 62116:2014).

6.2.3 Durchführung

- a) Die Steuerschaltung des Leistungsumrichters wird nach dem vom Hersteller angegebenen Verfahren mit einer Hilfsstromversorgung verbunden und es wird die Grundfunktion der integrierten Peripheriegeräte überprüft. Soweit zutreffend sollten dazu unter anderem integrierte Anzeigen, Bedienelemente der Benutzerschnittstelle und Kommunikationsschnittstellen zu äußeren Peripheriegeräten gehören. Es ist eine Liste von zu prüfenden Objekten aufzustellen, die auf der vorgesehenen Funktionalität im Leistungsumrichter beruht. Diese Liste ist für alle nachfolgenden Prüfungen der gleichen Bauart zu verwenden.
- b) Die Eingangsklemmen des Leistungsumrichterprüflings müssen mit einer geeigneten Stromversorgungsquelle nach 6.2.2 verbunden werden und alle Eingangsklemmen müssen mit einer Überwachungseinrichtung zur Überwachung von Eingangsstrom und -spannung nach 6.2.2 c) verbunden werden.
- c) Die Wechselstrom- oder Gleichstrom-Ausgangsklemmen des Leistungsumrichterprüflings müssen mit einer geeigneten Last nach 6.2.2 b) verbunden werden und eine Überwachungseinrichtung zur Überwachung von Ausgangsstrom und -spannung nach 6.2.2 c) muss installiert werden. Die Spannung wird unter Leerlaufbedingungen (ohne Last) an den Lastklemmen auf die Nennausgangsspannung des Leistungsumrichters eingestellt.
- d) Der Leistungsumrichter wird länger als 10 min unter stationären Bedingungen beim Nennwert der Gleichstrom-Eingangsleistung (Bemessungsspannung und -strom) betrieben.
- e) Der Leistungsumrichter wird über den Bereich der Gleichstrom-Eingangsleistung im stationären Zustand betrieben. Dafür werden zehn über den gesamten Betriebsbereich des Leistungsumrichters gleichverteilte Arbeitspunkte ausgewählt und der Leistungsumrichter wird bei jedem Arbeitspunkt länger als 1 min betrieben. Für die Anfangsmessung und die darauffolgenden Messungen sind die gleichen Arbeitspunkte zu wählen. (Siehe IEC 62109-2:2011).

6.2.4 Anforderungen

Die Prüfung ist bestanden, wenn die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sind.

- Der Leistungsumrichter kann unter allen Gleichstrom-Eingangsprofilen aus 6.2.3 d) und e) einwandfrei betrieben werden und gegenüber den Anfangsmessungen ist keine erhebliche Verschlechterung der Qualität der Wellenform ersichtlich;
- Die Funktionalität von Hilfseinrichtungen und Hilfsbauteilen (Anzeige, Bedienelemente der Benutzerschnittstelle, Kommunikationsschnittstelle usw.) ist gegenüber den Anfangsmessungen nicht beeinträchtigt. Die Funktionsweise entspricht der Beschreibung im Betriebshandbuch.

6.2.5 Einschränkungen und Ausnahmen

Um einen stabilen Arbeitspunkt an den Gleichstromeingangsports zu erzielen, darf die Funktion der Nachführung auf den Punkt der maximalen Leistung gegebenenfalls deaktiviert werden.

Kategorie 3

Die Prüfdauer für 6.2.3 d) darf auf 1 min verkürzt werden, wenn die Prüfumgebung die Ableitung einer großen Menge von Abwärme vom Leistungsumrichter über eine lange Dauer nicht zulässt. Dieser Umstand muss im Prüfbericht dokumentiert werden.

6.3 Isolationsprüfung

6.3.1 Allgemeines

Diese Prüfung dient dem Nachweis dafür, dass der Schutz gegen elektrischen Schlag und Überspannungen durch Luftstrecken und feste Isolierung von Bauteilen und montierten Leistungsumrichtern durch die Beanspruchungen durch die Umgebung und den Betrieb nicht beeinträchtigt wird. (Siehe IEC 62109-1:2010, 7.5.2, und IEC 62477-1:2012, 5.2.3.4).

6.3.2 Prüfeinrichtung

- a) Eine Spannungsquelle mit einem Kurzschlussstrom von mindestens 0,1 A nach IEC 61180-1, 5.2.2.2.

6.3.3 Prüfbedingungen

Die Prüfung muss an Bauteilen bei Umgebungslufttemperatur (siehe IEC 60068-1) und einer relativen Luftfeuchte von höchstens 75 % durchgeführt werden.

Die Prüfungen müssen am vollständig montierten Leistungsumrichter mit allen angebrachten Abdeckungen und geschlossenen Gehäusetüren durchgeführt werden.

Zur Herstellung eines durchgehenden Stromkreises für die Isolationsprüfung des Leistungsumrichters müssen Anschlussklemmen, Einschalter von offenen Kontakten und Halbleiterbauelemente usw. gegebenenfalls überbrückt werden. Vor der Prüfung dürfen Halbleiterbauelemente und andere gefährdete Bauteile innerhalb einer Schaltung abgetrennt werden und/oder ihre Anschlussklemmen dürfen überbrückt werden, um eine Beschädigung während der Prüfung zu verhindern.

Die Isolationsprüfung muss mit einer sinusförmigen Spannung bei 50 Hz oder 60 Hz durchgeführt werden. Wenn der Stromkreis Kondensatoren enthält, darf die Prüfung mit einer Gleichspannung mit einem Wert durchgeführt werden, der dem Spitzenwert der festgelegten Wechselspannung entspricht.

Wenn der Leistungsumrichter vollständig oder teilweise von einer nichtleitenden berührbaren Oberfläche bedeckt ist, muss für die Prüfung eine leitende Folie, an die die Prüfspannung angelegt wird, um diese Oberfläche gewickelt werden. In diesem Fall darf eine Isolationsprüfung zwischen einem Stromkreis und der nichtleitenden berührbaren Oberfläche als eine Sonderprüfung anstelle der Stückprüfung durchgeführt werden.

Tabelle 5 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für direkt mit dem Netz verbundene Stromkreise

Spalte 1 Systemspannung V	Spalte 2 Spannung für typgeprüfte Stromkreise mit Basisisolierung und für alle Stückprüfungen		Spalte 3 Spannung für typgeprüfte Stromkreise mit Schutz- trennung und zwischen Stromkreisen und berühr- baren Oberflächen (nichtleitend oder leitend, aber nicht mit Schutzterde verbunden, Schutzklasse II)	
	Wechselspannung, Effektivwert V	Gleichspannung V	Wechselspannung, Effektivwert V	Gleichspannung V
≤ 50	1 250	1 770	2 500	3 540
100	1 300	1 840	2 600	3 680
150	1 350	1 910	2 700	3 820
300	1 500	2 120	3 000	4 240
600	1 800	2 545	3 600	5 090
1 000	2 200	3 110	4 400	6 220
ANMERKUNG Interpolation ist zulässig.				

Tabelle 6 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für nicht direkt mit dem Netz verbundene Stromkreise

Spalte 1 Arbeitsspannung (periodische Spitzenspannung)	Spalte 2 Spannung für typgeprüfte Stromkreise mit Basisisolierung und für alle Stückprüfungen		Spalte 3 Spannung für typgeprüfte Stromkreise mit Schutz- trennung und zwischen Stromkreisen und berühr- baren Oberflächen (nichtleitend oder leitend, aber nicht mit Schutzterde verbunden, Schutzklasse II)	
	Wechselspannung, Effektivwert V	Gleichspannung V	Wechselspannung, Effektivwert V	Gleichspannung V
≤ 71	80	110	160	220
141	160	225	320	450
212	240	340	480	680
330	380	530	760	1 100
440	500	700	1 000	1 400
600	680	960	1 400	1 900
1 000	1 100	1 600	2 200	3 200
1 600	1 800	2 600	2 900	4 200

ANMERKUNG Interpolation ist zulässig.

Die Prüfspannungen in dieser Tabelle beruhen auf 80 % der Stehspannung für die entsprechende Luftstrecke nach IEC 62109-1:2010, Tabelle 12, wie in IEC 60664-1:2017, Tabelle A.1, angegeben.

6.3.4 Durchführung

- Prüfung (1) zwischen einem berührbaren leitenden Teil (mit Erde verbunden) und jedem Stromkreis nacheinander (außer Stromkreise der maßgeblichen Spannungs-klasse A). Prüfspannung nach [Tabelle 4](#) und [Tabelle 5](#), Spalte 2, entsprechend der Spannung des betrachteten, zu prüfenden Stromkreises. Prüfung (2) zwischen einer berührbaren Oberfläche (nichtleitend oder leitend, aber nicht mit Erde verbunden) und jedem Stromkreis nacheinander (außer Stromkreise der maßgeblichen Spannungs-klasse A). Prüfspannung nach [Tabelle 4](#) und [Tabelle 5](#), Spalte 3 (für Typprüfungen) oder Spalte 2 (für Stückprüfungen), entsprechend der Spannung des betrachteten, zu prüfenden Stromkreises.
- Prüfung zwischen jedem betrachteten Stromkreis nacheinander und den anderen benachbarten, miteinander verbundenen Stromkreisen. Prüfspannung nach [Tabelle 4](#) und [Tabelle 5](#), Spalte 2, entsprechend der Spannung des betrachteten, zu prüfenden Stromkreises.
- Prüfung zwischen einem Stromkreis der maßgeblichen Spannungs-klasse A und jedem benachbarten Stromkreis nacheinander. Prüfspannung nach [Tabelle 4](#) und [Tabelle 5](#), Spalte 3 (für Typprüfungen) oder Spalte 2 (für Stückprüfungen), entsprechend dem Stromkreis mit der höheren Spannung. Für diese Prüfung darf entweder der benachbarte Stromkreis oder der Stromkreis der maßgeblichen Spannungs-klasse A geerdet werden. Wenn zwischen benachbarten Stromkreisen der maßgeblichen Spannungs-klasse A Basisisolierung gefordert wird, muss die Basisisolierung geprüft werden. Wenn zwischen benachbarten Stromkreisen der maßgeblichen Spannungs-klasse A Funktionsisolierung zulässig ist, braucht diese Funktionsisolierung nicht geprüft zu werden.

6.3.5 Dauer der Wechselspannungs- oder Gleichspannungsprüfung

Die Dauer der Prüfung muss für die Typprüfung mindestens 60 s und für die Stückprüfung mindestens 1 s betragen. Die Prüfspannung darf eine ansteigende und/oder abfallende Rampenspannung ohne festgelegte Rampenzeiten sein, aber unabhängig von der Rampenzeit müssen die Haltezeiten bei der vollen Spannung 60 s und 1 s für die Typprüfung bzw. die Stückprüfung betragen.

6.3.6 Anforderungen

Die Prüfung ist bestanden, wenn während der Prüfung kein elektrischer Durchschlag auftritt.

ANMERKUNG Bei der Prüfung wird besonders bei einer Prüfwechselspannung ein bestimmter Normalwert des Stromes erwartet. Der Strom wird als anormal angesehen, wenn er den erwarteten normalen Stromfluss bei allen angebrachten und unbeschädigten Isolierungen erheblich übersteigt oder wenn der Strom unkontrolliert schnell ansteigt, nachdem die Prüfspannung den vollen Wert erreicht hat.

6.4 Temperaturwechselprüfung

6.4.1 Allgemeines

Diese Prüfung besteht in der wiederholten Einwirkung heißer und kalter Temperaturextremwerte bei Betrieb unter Spannung, um die täglich beim Einsatz auftretenden Temperaturschwankungen zu beschleunigen. Zusätzlich zu den veränderlichen elektrischen Beanspruchungen durch die Temperatur ruft die Temperaturwechselbeanspruchung infolge der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten zwischen den verschiedenen Werkstoffen im Leistungsumrichter und dessen Bauteilen auch eine thermomechanische Dehnung hervor. Zu Bauteilen in einem Leistungsumrichter, die durch eine beschleunigte Temperaturwechselbeanspruchung beeinflusst werden, gehören Leistungshalbleiter, integrierte Schaltkreise, Kondensatoren, Leiterplatten, mechanische Umhüllungen und Tragwerke sowie Leitungsanschlüsse und Steckverbinder.

Typische Ausfallmechanismen, die durch die Temperaturwechselbeanspruchung beschleunigt werden, umfassen eine Ermüdung von Verbindungsleitungen, die Ermüdung von Lötstellen der Grundplatte und des Chips, ein Versagen von Verbindungen, Werkstoffverformung und -risse, eine Delaminierung von Schutzbeschichtungen und vergossenen Grenzschichten usw.

6.4.2 Prüfeinrichtung

- a) Eine Klimakammer mit automatischer Temperaturregelung und Einrichtungen zur Umwälzung der Luft im Innern sowie zur Vermeidung von Betauung des Leistungsumrichterprüflings während der Prüfung, die für die Anwendung nach **IEC 60068-2-14** geeignet ist. Die Klimakammer muss ausreichend groß für die Aufnahme des Leistungsumrichterprüflings einschließlich der vom Hersteller geforderten Abstände sein und sie muss einen oder mehrere Prüflinge dem in **Bild 3** dargestellten Profil der Temperaturwechselbeanspruchung aussetzen können.
- b) Einrichtungen zur Befestigung oder Halterung des Leistungsumrichterprüflings (der Leistungsumrichterprüflinge) in der Kammer nach dem vom Hersteller vorgeschriebenen Verfahren. Die Installation muss eine freie Zirkulation der Umgebungsluft zulassen. Die Wärmeleitung der Befestigung oder Halterung muss so gering sein, dass der (die) Prüfling(e) praktisch als thermisch isoliert betrachtet werden kann (können).
- c) Messgeräte mit einer Fehlergrenze von $\pm 2\text{ °C}$ für die Messung und Aufzeichnung der Temperatur des Leistungsumrichterprüflings.
- d) Ein PV-Anlagen-Simulator oder eine Gleichstromquelle nach **5.3.5**, die die Spannungs-Strom-Kennlinie des größten PV-Generators liefern kann, für die die Einrichtung hinsichtlich von Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom ausgelegt ist.
- e) Eine elektrische Last nach **5.3.6**.
- f) Einrichtungen zur Überwachung der Effektivwerte von Strom und Spannung an allen verbundenen Eingangs- und Ausgangsports.

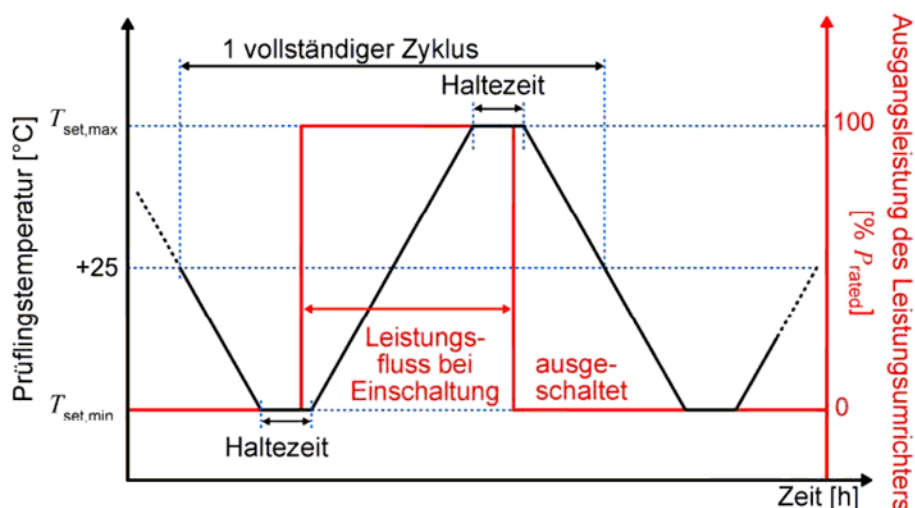


Bild 3 – Temperaturwechselprüfung: Temperatur- und Ausgangsspannungsprofil

6.4.3 Durchführung

Die Prüfung muss nach [IEC 60068-2-14](#) unter folgenden Zusatzbedingungen durchgeführt werden:

- Die Eingangsklemmen des Leistungsumrichters müssen mit dem geeigneten Montage- oder Befestigungsverfahren nach [6.4.2 a\)](#) in der Klimakammer installiert werden. Die Einrichtung ist nach den Herstelleranweisungen zu montieren.
- Der Leistungsumrichterprüfling muss mit einer geeigneten Stromversorgungsquelle nach [6.4.2 b\)](#) verbunden werden.
- Die Wechselstrom- oder Gleichstrom-Ausgangsklemmen des Leistungsumrichters müssen mit einer geeigneten Last nach [6.4.2 d\)](#) verbunden werden.
- An allen Eingangs- und Ausgangsports wird ein geeignetes Strom- und Spannungsüberwachungsgerät nach [6.4.2 f\)](#) installiert.
- An repräsentativen Innenflächen jedes Leistungsumrichterprüflings sind mindestens zwei aber höchstens vier Temperaturfühler anzubringen. Empfohlene Messpunkte sind Leistungshalbleitermodule, Kondensatoren an der Gleichspannungsschiene, Leiterplatten und Schutzrelais. Alle Temperaturfühler müssen entfernt von Lüftern, Abzügen oder Bauteilen mit erheblicher Wärmeabstrahlung angebracht werden. Die Prüflingstemperatur ist der Mittelwert der zwei bis vier gemessenen Temperaturen. Zur Überwachung kritischer Bauteile dürfen weitere Temperaturfühler angebracht werden.
- Der Leistungsumrichter ist einem Temperaturwechselprofil nach Bild 3 auszusetzen mit festgelegten Grenztemperaturen für den Prüfling und Mindestwerten der Haltezeit nach [Tabelle 6](#). Es sind mindestens 400 Temperaturwechsel mit mindestens 400 Neustarts durchzuführen. Während der positiven Temperaturrampe ist der Leistungsumrichterprüfling innerhalb seines festgelegten Betriebsbereiches bei Bemessungsausgangsleistung zu betreiben. Während der Haltezeiten und während der negativen Temperaturrampe muss der Prüfling im Leerlauf betrieben werden oder er darf ausgeschaltet sein.

ANMERKUNG Es gibt keine Begrenzung dafür, wie schnell der Übergang der Kammertemperatur während der positiven und der negativen Temperaturrampe erfolgen darf, es wird aber eine Rampengeschwindigkeit zwischen 0,5 °C/min und 2 °C/min empfohlen.

- Ein Neustart darf jederzeit durchgeführt werden, während der Leistungsumrichter im Leerlauf betrieben wird. Der elektrische Arbeitspunkt des Leistungsumrichters im Leerlaufbetrieb muss bei der höchsten Eingangsspannung, einer Eingangsleistung von Null an den Eingangsklemmen und einer Bemessungsspannung an den Ausgangsklemmen liegen. Beim Betrieb unter Spannung muss der elektrische Arbeitspunkt bei Bemessungsausgangsspannung und Bemessungsstrombelastung liegen.
- Nach der Beanspruchungsprüfung beträgt die Erholzeit mindestens 1 h bei $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ohne angelegte Spannung.